

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 1 月 3 日 (03.01.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/000962 A1

- (51) 国際特許分類: C30B 29/06 (IIDA,Makoto) [JP/JP]; 〒379-0196 群馬県 安中市 磯部 2 丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会社 磯部工場内 Gunma (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/06101
- (22) 国際出願日: 2002 年 6 月 19 日 (19.06.2002) (74) 代理人: 好宮 幹夫 (YOSHIMIYA,Mikio); 〒111-0041 東京都台東区 元浅草 2 丁目 6 番 4 号 上野三生ビル 4 F Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
- (30) 優先権データ: 特願2001-190915 2001 年 6 月 25 日 (25.06.2001) JP (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO.,LTD.) [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番 2 号 Tokyo (JP). 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- (72) 発明者; および 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 飯田 誠

(54) Title: SILICON SINGLE CRYSTAL SUBSTRATE, EPITAXIAL WAFER, AND METHOD FOR MANUFACTURING THEM

(54) 発明の名称: シリコン単結晶基板、エピタキシャルウエーハおよびこれらの製造方法

(57) Abstract: A silicon single crystal substrate is used as a substrate of an epitaxial wafer. The silicon single crystal substrate for an epitaxial wafer is characterized in that the substrate is a single crystal doped with nitrogen and heavily doped with boron, and grown under the condition that the V/G value (where V is the pulling speed, and G is the crystal temperature gradient) lies between the lower limit in the small dislocation region in the OSF ring region and the upper limit in the I-rich region. An epitaxial wafer having an epitaxial layer formed thereon is also disclosed. No crystal defect is present in the epitaxial surface of a p/p⁺-EP wafer having an epitaxial layer formed on a p⁺ substrate heavily heavily doped with boron and doped with nitrogen. As a result, an epitaxial wafer high in guttering ability, quality, and function is provided, and a method for manufacturing the same is provided.

[続葉有]

BEST AVAILABLE COPY



WO 03/000962 A1



(57) 要約:

本発明は、エピタキシャルウエーハの基板となるシリコン単結晶基板であって、窒素および高濃度にボロンがドーピングされ、かつ V/G （ここに、 V ：引上げ速度、 G ：結晶温度勾配とする）値が OSF リング領域内の微小転位発生領域の下限值と I -リッチ領域の上限値の間となる条件で育成された単結晶であることを特徴とするエピタキシャルウエーハ用のシリコン単結晶基板、およびその上にエピ層を形成したエピタキシャルウエーハである。これにより、高濃度のボロンがドーピングされ、かつ、窒素もドーピングされた p^+ 基板にエピタキシャル層を形成した p/p^+ - EP ウエーハのエピ表面から結晶欠陥が排除され、ゲッタリング能力の高い高品質、高機能のエピタキシャルウエーハおよびその製造方法が提供される。

明 細 書

シリコン単結晶基板、エピタキシャルウエーハ
およびこれらの製造方法

5

技術分野

本発明は、バルク中のゲッタリング能力をさらに向上し、エピタキシャル層に欠陥のない p/p^+ エピタキシャルウエーハ（以下、 $p/p^+ - EP$ ウエーハということがある）およびその基板となるシリコン単結晶の製造方法に関する。

10

背景技術

半導体デバイスの集積回路では寄生素子を通して電源からグランドへのショートが発生することがあり、この現象は一旦発生すると電源を落さない限り回復せず、デバイスが正常動作しなくなるためラッチアップと呼ばれる。この対策として、 $p/p^+ - EP$ ウエーハが利用されている。

15

この $p/p^+ - EP$ ウエーハとは、ボロンを高濃度に含有した基板（ p^+ 基板）がゲッタリング効果を有することを利用し、 p^+ 基板上に低ボロン濃度（ p^- ）のエピタキシャル（以下、エピということがある）層を形成した p^-/p^+ エピタキシャルウエーハであり、近年、高濃度ボロンによるゲッタリング効果と、高濃度ボロンが酸素の析出を促進することによるゲッタリング効果、さらには基板の強度が向上する等の利点があるため、高機能デバイス等で利用されている。

20

最近では、さらに機能を追加するため、基板に窒素をドーピングして、エピ後の酸素析出特性をさらに向上させた $p/p^+ - EP$ ウエーハも開発されている。

25

ところが、窒素をドーピングした結晶は、酸素濃度、窒素濃度、 V/G [m

$m^2 / K \cdot min$] (ここに、 V : 引上げ速度 [mm/min]、 G : 結晶中の固液界面近傍の融点から $1400^\circ C$ の間の結晶軸方向温度勾配 [K/mm] とする) 値等の単結晶引上げ条件によって、OSFリング領域の一部に微小な転位クラスターが生じる場合がある。すなわち、窒素を
5 ドープするとOSFリング領域が拡大し、従来の窒素ノンドープのOSF領域にはなかった微小な転位がOSF領域の中に発生するようになる (I-リッチ領域でないにもかかわらず) (図1 (b) 参照)。そして、この微小な転位が基板に存在すると、エピ層成長工程でエピ層に伝播するため、エピ表面に欠陥を形成してしまうことになる。

10 $p/p^+ - EP$ ウエーハの場合、 p^+ 基板用の結晶を引上げる際の V/G 値を高く設定する等により、OSFリングを結晶の外側に追い出して、転位が発生する領域を基板上からなくすことにより、このようなエピ欠陥の発生を抑制してきた (特許願 11-294523 号、特許願 2000-191047 号、E.Dornberger et al. J. Crystal Growth 180
15 (1977) 343-352. 参照)。

一方、高濃度ボロンドープの場合、OSFリングが発生する V/G 値が、高 V/G 側にシフトすることが、既に知られている (E.Dornberger et al. J. Crystal Growth 180(1977) 343-352.)。

そこで、この高濃度ボロンによりOSFリングが発生する場合の V/G 値の変化と、窒素ドープによる転位発生について調査したところ、
20

(1) 窒素をドープした場合においても、同様にOSFリングが発生する V/G 値は高 V/G 側にシフトする。

(2) この場合でもOSFリング領域の一部に、同様に微小な転位クラスターが発生する領域が存在する。

25 (3) このような転位は、ボロンの高濃度ドープだけでは抑制できないことが確認された。すなわち p^+ 基板と同様に V/G を高くした結晶製法で、抵抗率を低くした p^+ 基板を用いて $p/p^+ - EP$ ウエーハを作製した場合にはエピ欠陥が発生してしまうことがわかった。

発明の開示

そこで、本発明はこのような問題点に鑑みてなされたもので、窒素がドーピングされた高濃度ボロンドープ基板にエピタキシャル層を形成して p / p + - E P ウエーハを作製する際に、エピ表面から結晶欠陥が排除された、ゲッターリング能力の高いエピタキシャルウエーハ、およびその製造方法を提供することを主たる目的とする。

上記課題を解決するため、本発明のエピタキシャルウエーハ用のシリコン単結晶基板は、エピタキシャルウエーハの基板となるシリコン単結晶基板であって、窒素および高濃度のボロンがドーピングされ、かつ V / G (ここに、V : 引上げ速度、G : 結晶中の固液界面近傍の結晶軸方向温度勾配とする) 値が O S F リング領域内の微小転位発生領域の下限值と 1 - リッチ領域の上限値の間となる条件で育成された単結晶であることを特徴としている。

尚、本発明における「高濃度ボロン」とは、ボロン濃度が少なくとも $5 \times 10^{17} \text{ atoms / cm}^3$ (抵抗率で $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下) であることを言う。

このように、窒素および高濃度ボロンがドーピングされ、かつ V / G 値が O S F リング領域内の微小転位発生領域の下限值と 1 - リッチ領域の上限値の間となる条件で育成された単結晶から製造されたシリコン単結晶基板は、その面内に、窒素ドーピング起因の O S F リング領域内に発生し易い微小転位発生領域が存在しないので、この基板の上にエピタキシャル層を積んでもエピ表面に欠陥を形成する恐れはなく高品質、高機能のエピタキシャルウエーハを提供することができる。

この場合、シリコン単結晶基板は、抵抗率が $0.02 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下であり、ドーピングされた窒素の濃度が $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上であることが好ましい。

このように抵抗率を $0.02 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下としたものは、ボロン濃度

が十分に高いことによるゲッタリング効果と高濃度ボロンが酸素の析出を促進することによるゲッタリング効果と基板の強度が向上する等の利点がある。

また、ドーピングする窒素濃度を $3 \times 10^{13} / \text{cm}^3$ 以上とすれば、酸素析出特性を一層向上させることができる。

そして本発明のエピタキシャルウエーハは、前記シリコン単結晶基板の上にエピタキシャル層を成長させて成るものであって、基板中に窒素ドーピング起因のOSFリング領域内に発生し易い微小転位発生領域が存在しないので、この基板の上にエピタキシャル層を積んでもエピ表面に欠陥を形成する恐れはなく高品質、高機能のエピタキシャルウエーハを提供することができる。

さらに、本発明のエピタキシャルウエーハは、窒素および高濃度のボロンをドーピングしたシリコン単結晶基板上にエピタキシャル層を形成したエピタキシャルウエーハであって、エピタキシャル層表面に基板の結晶欠陥に起因するエピタキシャル層欠陥が存在しないことを特徴としている。

このように、本発明では、窒素がドーピングされた高濃度ボロンドープ基板を用いているにもかかわらず、エピ層欠陥がないエピタキシャルウエーハとすることができる。従って、エピ欠陥がないとともにIG能力の極めて高いエピタキシャルウエーハが提供される。

また、本発明にかかわるエピタキシャル成長用のシリコン単結晶の製造方法は、チョクラルスキー法により窒素および高濃度のボロンをドーピングしたシリコン単結晶を育成する際に、V/G値がOSFリング内微小転位発生領域の下限值とIーリッチ領域の上限値の間となる条件でシリコン単結晶を引上げることを特徴としている。

このように、CZ法により窒素および高濃度のボロンをドーピングしたシリコン単結晶を育成する際に、V/G値がOSFリング内微小転位発生領域の下限值とIーリッチ領域の上限値の間となる条件で単結晶を引上

げれば、その単結晶から製造されたシリコン単結晶基板は、その面内に、窒素ドーピング起因のOSFリング領域内に発生し易い微小転位発生領域が存在しないので、この基板の上にエピタキシャル層を積んでもエピ表面に欠陥を形成する恐れはない。

- 5 この場合、育成したシリコン単結晶の抵抗率を $0.02\ \Omega \cdot \text{cm}$ 以下、窒素濃度を $3 \times 10^{13} / \text{cm}^3$ 以上とすることが好ましい。

この抵抗率を $0.02\ \Omega \cdot \text{cm}$ 以下としたものは、ボロン濃度が十分に高いことによるゲッターリング効果と高濃度ボロンが酸素の析出を促進することによるゲッターリング効果と基板の強度が向上する等の利点がある。

- 10 また、ドーピングする窒素濃度を $3 \times 10^{13} / \text{cm}^3$ 以上とすれば、酸素析出特性を一層向上させることができる。

- 本発明のエピタキシャルウエーハの製造方法は、上記の製造方法で製造されたシリコン単結晶をスライスして得られる基板の上に、エピタキシャル層を成長させることを特徴としており、このような製造方法によれば、基板となるシリコン単結晶ウエーハの面内に、窒素ドーピング起因のOSFリング領域内に発生し易い微小転位発生領域が存在しないので、この基板の上にエピタキシャル層を積んでもエピ表面に欠陥を形成する恐れはなく、高品質、高機能のエピタキシャルウエーハを提供することができる。
- 15

- 20 以上説明したように本発明によれば、 $p/p^+ - EP$ ウエーハのシリコン単結晶基板に窒素をドーピングしても、エピ層表面から欠陥が排除されたゲッターリング能力の極めて高い高品質、高機能のエピウエーハを製造することができる。

25 図面の簡単な説明

図1(a)は、窒素ドーピング、高濃度ボロンドーピング結晶成長方向での結晶欠陥の変化の様子を見た図であり、図1(b)は、従来の窒素ドーピング結晶成長方向での結晶欠陥の分布の様子を見た図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態について、さらに詳細に説明するが、本発明は、これらに限定されるものではない。

5 本発明者等は、 $p/p^+ - EP$ ウエーハ用の高濃度のボロンがドーブされ、かつ、窒素もドーブされたシリコン単結晶基板にエピタキシャル層を形成してもエピ層表面に結晶欠陥が形成されないエピタキシャルウエーハを製造する方法を確立するため、シリコン単結晶育成条件について鋭意調査、実験を行い、諸条件を精査して本発明を完成させた。

10 単結晶の引上げ速度は、どこまでも高速に出来るのならば、 V/G 値を著しく大きくすることによって、窒素ドーブ結晶でも微小転位発生領域を結晶周辺部に追いやることが出来るので問題はないのだが、実際は、ある速度を超えると結晶が変形し易くなり、量産レベルでの引上げが困難になる速度が存在する。そして、この速度におけるパラメータ V/G
15 値では、窒素ドーブ、高濃度ボロンドープの場合は、やはり、OSFリングおよびその領域内の微小転位発生領域の発生を結晶周辺部に消滅させることは出来ない。

そこで、OSFリングを結晶の内側に配置し、微小転位が発生しないように、引上速度を低速化することを試みた。

20 通常の抵抗値を有する結晶であれば、このような領域は、①極低速である、②すぐ隣にI-リッチ領域があり、ここにも転位クラスターが高密度に存在する、という2つの理由からエピタキシャル成長用の基板に向いているとは考えられないのが普通である（図1（b）参照）。

しかし、高濃度ボロンドープの場合は、このような微小転位が発生し
25 ない領域が比較的高速であり、かつ、I-リッチ領域となる V/G 値がそれほど高くないことが、窒素ドーブ、高濃度ボロンドープ結晶においても確認できた。

また、OSF発生領域およびその内部の微小転位発生領域は、ボロン

濃度の他に、窒素濃度や酸素濃度の影響を受けることが確認された。

従って、高濃度ボロン・窒素ドーピング基板を用いた、 $p/p^+ - EP$ ウエーハを製造する場合は、OSF領域内の微小転位領域が発生しない程度に速度を下げ、また、 $I - R$ 領域にならないように、面内の V/G 値をコントロールしながら、基板用の結晶を製造すればよいという結果が得られた。

以上の結果を総合して、本発明のエピタキシャル成長用のシリコン単結晶の製造方法は、チョクラルスキー法により窒素および高濃度のボロンをドーピングしたシリコン単結晶を育成する際に、 V/G 値がOSFリング内微小転位発生領域の下限值と $I - R$ 領域の上限値の間となる条件でシリコン単結晶を引上げることとした（図1（a）参照）。

このような条件で引上げられた単結晶から製造されたシリコン単結晶基板は、その面内に、窒素ドーピング起因のOSFリング領域内に発生し易い微小転位発生領域が存在しないので、この基板の上にエピタキシャル層を積んでもエピ表面に結晶欠陥を形成する恐れはなく、しかもゲッタリング効果の非常に高いエピタキシャルウエーハを提供することができる。

尚、 V/G の算出は、FEMAGを用い、HZを考慮して行うことができる。

ここでFEMAGは、文献（F. Dupret, P. Nicodem, Y. Ryckmans, P. Wouters, and M. J. Crochet, Int. J. Heat Mass Transfer, 33, 1849 (1990))に開示されている総合伝熱解析ソフトである。

この場合、育成するシリコン単結晶の抵抗率を $0.02 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下、窒素濃度を $3 \times 10^{13} / \text{cm}^3$ 以上とすることが好ましく、この抵抗率を $0.02 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下としたものは、ボロン濃度が高いことによるゲッタリング効果と高濃度ボロンが酸素の析出を促進することによるゲッ

タリング効果と基板の強度が向上する等の利点がある。但し、シリコン単結晶中のボロンの固溶限界があるので、抵抗値は $0.0001\Omega\cdot\text{cm}$ 程度が下限である。また、ドーピングする窒素濃度を $3\times 10^{13}/\text{cm}^3$ 以上とすれば、窒素による酸素析出特性を十分に向上させることができる。この濃度より低いと、窒素をドーピングしたことによる酸素析出効果が低くなる恐れがある。また、窒素も単結晶化の妨げとならない $5\times 10^{15}/\text{cm}^3$ 程度の濃度が上限である。

本発明においては、結晶中の酸素濃度は、原則としてどのような濃度であってもよい。但し、酸素濃度によって、OSFリングおよびOSFリング内の微小転位ループの発生の仕方が変化するので、V/G値を本発明の領域内とする引上げの難易度に影響を及ぼす。

具体的には、酸素が全く存在しなければ、OSFの核が発生しようになく、OSFリングおよび微小転位ループは共に発生しない。また、極低酸素濃度で結晶を作った場合と、高酸素濃度で作った場合とでは、明らかにOSFリングおよび微小転位ループの発生の仕方が異なり、高酸素では微小転位が発生し易くなる。

従って、本発明においては、結晶中の酸素濃度も考慮して適切なV/G値を制御する必要がある。

そして、本発明のエピタキシャルウエーハの製造方法は、上記の製造方法で製造されたシリコン単結晶をスライスして得られるウエーハ上に、エピタキシャル層を成長させる。これによりエピ欠陥のないエピ層を形成したIG能力の極めて高いエピタキシャルウエーハを提供することができる。

以下、本発明の実施例および比較例を挙げてより具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されることはない。

(実施例、比較例)

[試験-1] 特定のHZ (Hot Zone、単結晶引上げ装置内

の炉内構造)を有する引上げ装置を使用して、原料ポリシリコン120 kgをチャージし、窒化膜付きウエーハを所定量投入し、窒素濃度を $3 \times 10^{13} / \text{cm}^3$ (単結晶棒の肩の部分、計算値)、抵抗率を単結晶棒の肩で $0.015 \Omega \cdot \text{cm}$ となるように不純物(ボロン)をドーブし、
5 酸素濃度を約14 ppm (JEIDA規格、JEIDA:日本電子工業振興協会)、引上げ速度を 1.0 mm/min として直径200 mm (8インチ)の単結晶を引上げた。

この単結晶から切り出したウエーハには、OSFリングが広く分布し、その一部に微小転位が発生していた(図1(a)の $V=1.0$ の位置で
10 あり、 $V/G=0.25 \text{ mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$)。

さらに、結晶の肩近くの直胴からスライスして作製した鏡面ウエーハに、 1130°C で $5 \mu\text{m}$ のエピタキシャル層を成長させたところ、微小転位の発生していた部分に対応するエピ層の表面にエピ欠陥が存在することが、断面TEM観察により明らかとなった。

15 [試験-2] 続いて試験-1と同一のHZ構造を有する引上げ装置を用い、同一条件にて引上速度を 0.80 mm/min まで低下させて引上げたところ、ウエーハの中心にOSFリングそのものは若干残留していたが、微小転位そのものは発生していない領域となった(図1(a)の $V=0.8$ の位置であり、 $V/G=0.20 \text{ mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$)。こ
20 の結晶から鏡面ウエーハを作製し、エピタキシャル層を成長させたところ、エピ表面から欠陥は排除されていた。

[試験-3] 最後に試験-1と同一のHZ構造を有する引上げ装置を用い、同一条件にて引上げ速度を 0.6 mm/min まで低下させたところ、全面がいわゆるI-リッチ領域となった(図1(a)の $V=0.6$ の位置であり、 $V/G=0.15 \text{ mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$)。この領域は、
25 大きい転位クラスターが発生する領域であり、エピ成長後にその表面に欠陥が全面に発生していた。

以上の試験の結果、本発明のエピタキシャル成長用のシリコン単結晶

の製造方法は、CZ法により窒素および高濃度のボロンをドーブしたシリコン単結晶を育成する際に、V/G値がOSFリング内微小転位発生領域の下限值とIーリッチ領域の上限値の間となる条件でシリコン単結晶を引上げれば良く、これにより微小転位発生領域のないシリコン単結晶基板を作製することができることが確められた。

また、転位が発生しない領域というのは、ボロン濃度や窒素濃度で大きく変化する。基板内に十分なBMDが得られる窒素濃度は $3 \times 10^{13} / \text{cm}^3$ 以上なので、この濃度で使用することがゲッタリング能力向上の観点から望ましい。また、抵抗率が通常抵抗率($1 \sim 20 \Omega \cdot \text{cm}$)と低抵抗率($0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下)との間では、さほど、OSFリングが発生するV/G値が高くないことと、いわゆるN領域も拡大しないので、V/G値を本発明の範囲内として結晶を引上げるのは難しい。よって、抵抗率は $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下、好ましくは $0.02 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の範囲で、本発明手法を適応することが望ましい。

一方、窒素濃度が $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上と高い場合には、微小転位が発生するような領域が拡大するので、この窒素濃度を使用する場合には、単結晶引上げ装置内のHZを調整して、結晶中の固液界面近傍の結晶軸方向温度勾配Gの面内分布を平坦化する等により、面内から窒素起因の転位と、Iーリッチ領域の転位の両方を排除する必要がある。

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

例えば、上記実施形態においては、直径 200 mm (8インチ)のシリコン単結晶を育成する場合につき例を挙げて説明したが、本発明はこれには限定されず、直径 $100 \sim 400 \text{ mm}$ (4~16インチ)あるいはそれ以上のシリコン単結晶にも適用できる。

また、本発明は、シリコン融液に水平磁場、縦磁場、カusp磁場等を印加するいわゆるMCZ法にも適用できることは言うまでもない。

請 求 の 範 囲

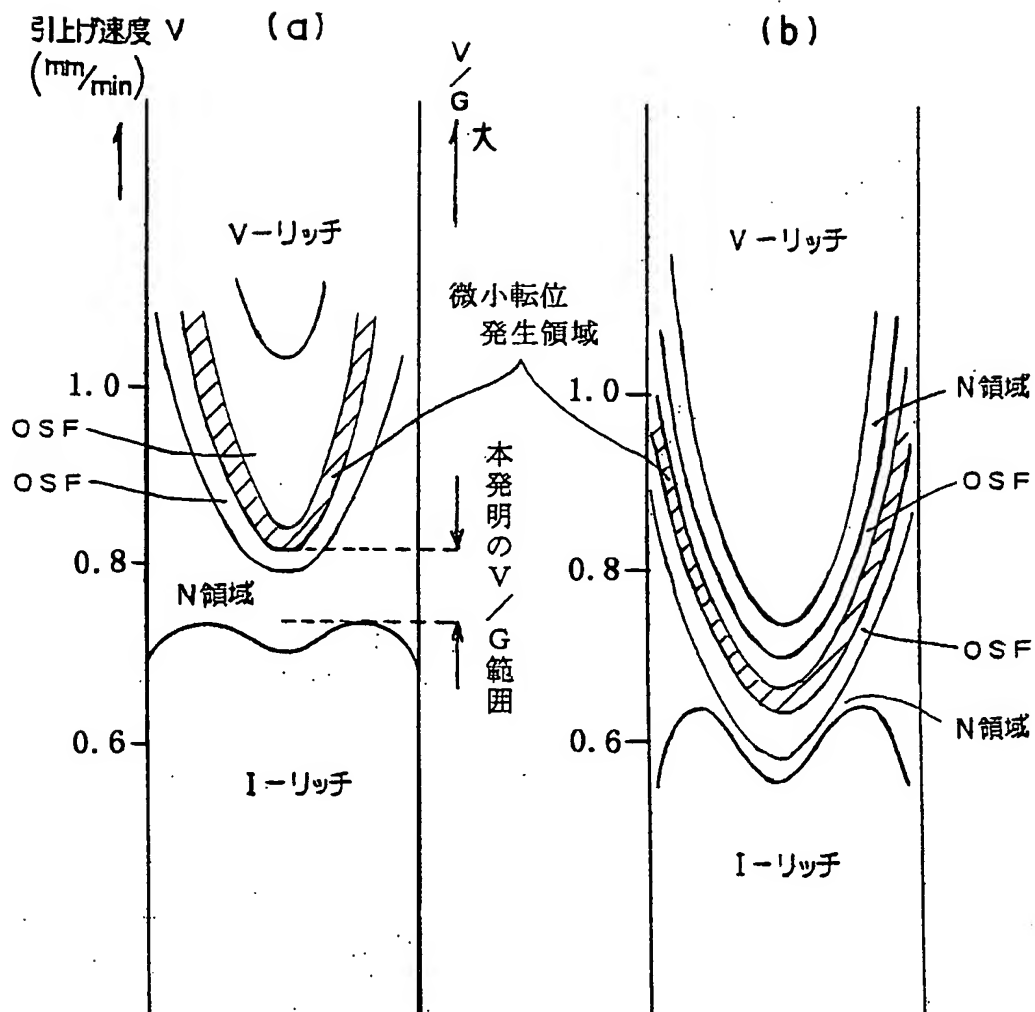
1. エピタキシャルウエーハの基板となるシリコン単結晶基板であつて、窒素および高濃度のボロンがドーブされ、かつ V/G (ここに、 V :
5 引上げ速度、 G : 結晶中の固液界面近傍の結晶軸方向温度勾配とする)
値が OSF リング領域内の微小転位発生領域の下限值と I - リッチ領域
の上限値の間となる条件で育成された単結晶であることを特徴とするエ
ピタキシャルウエーハ用のシリコン単結晶基板。
- 10 2. 前記シリコン単結晶基板は、抵抗率が $0.02 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下であ
ることを特徴とする請求項 1 に記載したエピタキシャルウエーハ用のシ
リコン単結晶基板。
- 15 3. 前記ドーブされた窒素の濃度が $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上であるこ
とを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載したエピタキシャルウエ
ーハ用のシリコン単結晶基板。
- 20 4. 請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載したシリコン単結
晶基板の上にエピタキシャル層を成長させて成ることを特徴とするエピ
タキシャルウエーハ。
- 25 5. 窒素および高濃度のボロンをドーブしたシリコン単結晶基板上に
エピタキシャル層を形成したエピタキシャルウエーハであつて、前記エ
ピタキシャル層表面に基板の結晶欠陥に起因するエピタキシャル層欠陥
が存在しないことを特徴とするエピタキシャルウエーハ。
6. チョクラルスキー法により窒素および高濃度のボロンをドーブし
たシリコン単結晶を育成する際に、 V/G 値が OSF リング内微小転位
発生領域の下限值と I - リッチ領域の上限値の間となる条件でシリコン

単結晶を引上げることの特徴とするエピタキシャル成長用のシリコン単結晶の製造方法。

7. 前記育成するシリコン単結晶の抵抗率を $0.02 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下、
5 窒素濃度を $3 \times 10^{13} / \text{cm}^3$ 以上とすることを特徴とする請求項 6 に記載したシリコン単結晶の製造方法。

8. 請求項 6 または請求項 7 に記載の製造方法で製造されたシリコン
単結晶をスライスして得られる基板上に、エピタキシャル層を成長させ
10 ることを特徴とするエピタキシャルウエーハの製造方法。

図 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/06101

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C30B29/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C30B1/00-35/00, H01L21/322

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CAS ONLINE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 99/57344 A1 (Nippon Steel Corp. et al.), 11 November, 1999 (11.11.99), Claims 7, 10; page 44, lines 1 to 6; page 55, line 7 to page 57, line 4; table 20 & JP 2000-109396 A	1-8
Y	EP 962556 A1 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 08 December, 1999 (08.12.99), Claims 1 to 12; Par. Nos. [0048] to [0049]; Fig. 1 & US 6077343 A	1-8
A	EP 959154 A1 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 24 November, 1999 (24.11.99), & JP 2000-44389 A & US 6162708 A	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 24 July, 2002 (24.07.02)	Date of mailing of the international search report 06 August, 2002 (06.08.02)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. C30B29/06

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. C30B1/00-35/00, H01L21/322

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)
 CAS ONLINE

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 99/57344 A1 (新日本製鐵株式会社 外1名) 1999.11.11 請求項7, 10, 第44頁第1-6行, 第55頁第7行-第57頁第4行, 表20 & JP 2000-109396 A	1-8
Y	EP 962556 A1 (SHIN-ETSU HANDOTAI COMPANY LIMITED) 1999.12.08 請求項1-12, [0048]-[0049], 図1 & US 6077343 A	1-8
A	EP 959154 A1 (SHIN-ETSU HANDOTAI COMPANY LIMITED) 1999.11.24 & JP 2000-44389 A & US 6162708 A	1-8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリ

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24.07.02

国際調査報告の発送日

06.08.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JJP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

平塚 政宏



4G

2927

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.